



⑬ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 53 658 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 21 D 26/00**  
B 21 D 53/88  
C 22 C 1/09

⑲ Aktenzeichen: 197 53 658.1  
⑳ Anmeldetag: 3. 12. 97  
㉓ Offenlegungstag: 17. 6. 99

⑦① Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,  
Anwaltssozietät, 80538 München

⑦② Erfinder:  
Hipke, Thomas, Dipl.-Ing., 09432 Großolbersdorf,  
DE; Putz, Matthias, Dr.-Ing., 09116 Chemnitz, DE;  
Naumann, Bernd, Dr.-Ing., 99100 Alach, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 44 07 908 A1  
CH 5 64 384

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Bauteil mit einer aus einem duktilen Material gebildeten Materiallage sowie Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Bauteils

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils, das eine aus einem duktilen Material gebildete, im Rahmen zumindest eines Umformschrittes umgeformte Materiallage und einen aus einem Metallschaum gebildeten Abschnitt aufweist. Erfindungsgemäß wird im Rahmen des Umformschrittes die Materiallage durch einen über den Metallschaum als Umformdruckmedium aufgetragenen Umformdruck umgeformt. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechend hergestelltes Bauteil sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Bauteils.

**DE 197 53 658 A 1**

**DE 197 53 658 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Bauteil mit einer aus einem duktilen Material gebildeten Materiallage, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils, das eine aus einem duktilen Material gebildete, im Rahmen zumindest eines Umformschrittes umgeformte Materiallage aufweist sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Bauteils.

Zur Herstellung dünnwandiger Körper mit komplexer Außengeometrie ist es bekannt, entsprechende Ausgangs-Blechlagen durch ein ggf. mehrstufiges Tiefziehverfahren umzuformen. Bei einer derartigen Tiefzieh-Umformung wird wenigstens ein Umformstempel auf eine, auf ein Untergesenk aufgelegte und ggf. im Randbereich festgespannte Materiallage abgesenkt. Alternativ zu einem derartigen Umformen mittels Untergesenk und Umformstempel ist es insbesondere bei der Herstellung rohr-artiger Bauteile bekannt, diese im Inneren eines entsprechenden Formraumes durch Druckflüssigkeit umzuformen. Hierzu werden die vorzugsweise rohrförmigen, z. T. vorgeformten Halbzeuge in ein Formwerkzeug mit abzubildender Innenkontur eingelegt, das rohrförmige Halbzeug wird verschlossen und über eine Druckquelle mit Druckflüssigkeit gefüllt, wobei sich das rohrförmige Ausgangshalbzeug allmählich aufweitet und an die Innenwandung des Formwerkzeuges anlegt. Gegebenenfalls kann während dieses Umformvorganges kontinuierlich Material in das Formwerkzeug nachgeschoben werden, wodurch die während des Umformvorganges in dem Material auftretenden Spannungen teilweise gezielt beeinflußt werden können.

Derartige, durch Innenhochdruckumformen (IHU-Formen) hergestellte Bauteile werden beispielsweise als Abgasleitungen im Fahrzeugbau verwendet. Neben einem derartigen Innenhochdruckumformen rohrartiger Ausgangshalbzeuge ist es auch möglich, ein beispielsweise plattenförmiges Ausgangsmaterial auf ein Untergesenk aufzulegen und anstelle des beim Tiefziehverfahren üblicherweise verwendeten Umformstempels das plattenförmige Ausgangsmaterial ebenfalls durch unter Druck stehende Flüssigkeit gegen eine Formwand zu drängen. Durch ein derartiges Umformverfahren lassen sich vergleichsweise großflächige Bauteile wie beispielsweise Karosserieelemente herstellen. Derartige Karosserieelemente weisen üblicherweise eine vergleichsweise geringe Eigensteifigkeit auf und bilden erst in Verbindung mit mehreren entsprechend ausgebildeten Karosserieelementen eine tragfähige Struktur.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil, mit zumindest einer aus einem duktilen Material gebildeten Materiallage zu schaffen, das sich durch eine hohe Eigensteifigkeit bei vergleichsweise geringem Eigengewicht auszeichnet und ggf. eine komplexe Außengeometrie aufweisen kann. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Bauteils zu schaffen.

Hinsichtlich eines Verfahrens zur Herstellung eines Bauteils der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Dadurch wird es auf vorteilhafte Weise möglich, ein hochfestes Werkstück zu schaffen, das sich vorzugsweise durch eine glatte, dünnwandige Außenschale auszeichnet, und das aufgrund des tragenden, dämpfenden, durch den Metallschaum gebildeten Materialabschnitt besondere mechanische Eigenschaften aufweist. Da das zur Umformung verwendete Druckmedium Teil des Werkstückes wird, entfällt ein nachträgliches Entfernen des flüssigen oder gasförmigen Druckmediums.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfah-

rens wird die Materiallage durch den unter Druck stehenden Metallschaum sowie auch durch das Treibmittel selbst gegen eine Formwand gedrängt. Aufgrund des durch den Metallschaum aufgebrachten Umformdruck können dabei filigrane Umformgeometrien erreicht werden. Die durch den Metallschaum gegen die Formwand gedrängte Materiallage legt sich dabei zumindest abschnittsweise unter bleibender plastischer Verformung an die Formwand an. Dabei kann es auch zu einer Haftverbindung zwischen dem Metallschaum und der Materiallage entlang einer Innenwandung derselben kommen.

Erst nach Abschluß des durch den unter Druck stehenden Metallschaum bewirkten Umformvorgang der Materiallage härtet der Metallschaum aus. Der Aushärtvorgang des Metallschaums kann insbesondere durch ein gesteuertes Abkühlen der Formwand beeinflußt werden.

Der in dem Metallschaum herrschende Druck wird vorzugsweise erst dann abgesenkt, wenn der Umformvorgang weitgehend abgeschlossen ist. Die Druckabsenkung wird durch das Abkühlen des Metallschaumes erreicht. Durch Senkung der Temperatur des Metallschaumes wird die Freisetzung des Treibmittels eingeschränkt. Zudem ist es möglich, den von dem Metallschaum erfüllten Raum beispielsweise durch Zurückziehen eines Kolbenelementes zu vergrößern, oder auch umgekehrt durch Druckbeaufschlagung eines solchen Kolbenelementes zu verringern.

Eine zur Ausbildung der Materiallage aus einem blech- oder rohrförmigen Ausgangsmaterial vorteilhafte Ausführungsform des Verfahrens ist dadurch gegeben, daß zum Umformen der Materiallage diese in einen Formraum eingebracht wird, derart, daß die Materiallage in dem Formraum eine erste Formraumpartition zwischen einer Formwand und der Materiallage sowie eine von der ersten Formraumpartition durch die Materiallage getrennte zweite Formraumpartition definiert, wobei im Rahmen des Umformschrittes in die zweite Formraumpartition der Metallschaum als Umform-Druckmedium eingebracht wird und dabei die Materiallage gegen die Formwand drängt. Der Umformvorgang wird dabei infolge der Erwärmung der Materiallage durch den Metallschaum unterstützt. Der Formraum bleibt in vorteilhafter Weise geschlossen, bis der Metallschaum vollständig ausgehärtet ist. Erst nach Aushärten des Metallschaumes wird der Formraum geöffnet und nach dem Öffnen des Formraums die durch das Metallschaum-Druckmedium umgeformte Materiallage mit dem darin angeformten Metallschaumabschnitt entnommen.

Durch entsprechende Werkstoffkombinationen ist es möglich, zwischen dem Metallschaum-Druckmedium und der durch diese umgeformten Materiallage eine innige Verbindung, insbesondere ein Verschweißen zu erreichen. Es ist auch möglich, insbesondere durch eine entsprechende Beschichtung der zur Umformung vorgesehenen Materiallage eine an sich feste Verbindung mit dem Metallschaum zu erreichen, ohne daß dabei jedoch die Gefügestruktur der umgeformten Materiallage verändert wird.

Eine vorteilhafte Ausführungsform des Verfahrens ist dadurch gegeben, daß das Metallschaumdruckmedium durch eine Metall-Legierung gebildet wird, die durch ein Treibmittel aufgeschäumt wird. Dieses Treibmittel wird in vorteilhafter Weise durch vor Aufschäumen der Metall-Legierung in der Metall-Legierungs-Matrix enthaltene chemische Substanzen gebildet. Das derartig in der Metall-Legierungs-matrix vorbereitete Treibmittel wird in herkömmlicher Weise durch Erhitzen der Metall-Matrix auf eine Temperatur oberhalb eines Schmelzpunktes der Metall-Legierung freigesetzt. Das zur Bildung des Metallschaumes vorgesehene Ausgangsmaterial kann dabei vorzugsweise durch einen Metallpulver-Preßling gebildet werden, der als solcher

in den Formraum eingebracht wird und darin beispielsweise durch einen Lichtbogen aufgeheizt wird.

Bei der Umformung vergleichsweise dicker Materiallagen wird gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens die zur Umformung vorgesehene Materiallage vorab erhitzt. Dadurch wird der Umformvorgang unterstützt und ein zu rasches Abkühlen des mit der Materiallage in Berührungskontakt tretenden Metallschaum-Druckmediums vermieden.

Während des Umformvorganges wird vorzugsweise wenigstens die von dem Metallschaum-Druckmedium auszufüllende Formraumpartition gasdicht abgeschlossen. Um eine möglichst innige Anlage der umzuformenden Materiallage an die entsprechende Formraumwand zu ermöglichen, kann aus der, dem Metallschaumdruckmedium abgewandten Formraumpartition vorzugsweise gesteuert Gas entnommen werden.

In vorteilhafter Weise wird wenigstens die von dem Metallschaum-Druckmedium auszufüllende Formraumpartition im Rahmen eines vorbereitenden Verfahrensschrittes mit einem inerten Gas gespült. Dadurch wird es möglich, das zur Bildung des Metallschaum-Druckmediums vorgesehene Ausgangsmaterial erheblich über dessen eigentlichen Schmelzpunkt zu erhitzen, ohne daß dabei Teile des Ausgangsmaterials mit ggf. in dem Formraum eingeschlossenem Luft-Sauerstoff reagieren.

Das Aufschäumen des Metallschaum-Druckmediums wird in vorteilhafter Weise derart zeitlich gesteuert, daß solange Metallschaum erzeugt wird, bis die durch den Metallschaum gegen die Formwand gedrückte Materiallage ein weiteres Anwachsen des Metallschaumvolumens behindert, so daß der Umformdruck zusätzlich weiter erhöht wird. Durch einen zeitlich kontrollierten Verlauf der Metallschaumbildung wird es dabei in vorteilhafter Weise möglich, den Druckaufbau in dem Metallschaum-Druckmedium zu steuern.

Insbesondere bei der Herstellung kleinerer Werkstücke ist es auch möglich, den Aufschäumvorgang und insbesondere den im Rahmen des Umformvorganges auftretenden Maximal-Druck durch die Menge des in den Formraum eingebrachten schaubildenden Materials zu steuern. Es ist auch möglich, das Mischungsverhältnis zwischen Metall-Legierung und der zur Bildung des Treibmittels vorgesehenen chemischen Substanz abzustimmen mit dem Ziel, den Grad des Ausformens der duktilen Materiallage sowie den gesamten Umformprozeß bedarfsgerecht zu steuern.

Zur Steuerung, insbesondere Steigerung des Umformdruckes ist es auch möglich, den über den Metallschaum auf die Materiallage aufgetragenen Umformdruck beispielsweise durch Einpressen eines Hilt's-Druckstempels zum Ändern des Volumens des von dem Metallschaum erfaßten Raumes zu erhöhen.

Die zur Umformung vorgesehene Materiallage besteht in vorteilhafter Weise aus einem Metallblech, insbesondere einem relativ dünnen Aluminiumblech oder aus einem AL-beschichteten Metall oder Nichtmetall. Das Metallschaum-Druckmedium wird ebenfalls in vorteilhafter Weise durch eine Aluminiumlegierung gebildet.

Hinsichtlich einer Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils mit einer Druckumgeformten Materiallage wird die eingangs angegebene Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den in Patentanspruch 25 angegebenen Merkmalen gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen dieser Vorrichtung sind Gegenstand der zugehörigen Unteransprüche.

Hinsichtlich eines Bauteils wird die eingangs angegebene, der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch ein Bauteil mit den in Patentanspruch 31 angegebenen Merkmalen gelöst.

Ein derartiges Bauteil zeichnet sich neben einer vergleichsweise hohen Oberflächengüte und einen dämpfenden Kern auch durch ein hohes Widerstandsmoment, ein hohes Energieabsorptionsvermögen sowie eine hohe spezifische Steifigkeit aus.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Bauteils besteht die druckumgeformte Materiallage aus einem Aluminium-Werkstoff. Insbesondere bei Verwendung eines Aluminium-Werkstoffes zur Bildung der Materiallage ist auch der Metallschaum aus einem Aluminium-Werkstoff gebildet. Eine besonders tragfähige Ausführungsform des Bauteils wird dadurch erreicht, daß die Materiallage und der aus dem Metallschaum gebildete Materialabschnitt haftend miteinander verbunden sind. Eine derartige Verbindung kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß auf der dem Metallschaum zugewandten Seite der Materiallage eine Haftschicht ausgebildet ist, die während des Umformvorganges durch den Metallschaum lokal aufgeschmolzen wird und dadurch eine metallische Verbindung zwischen der Materiallage und dem Metallschaumabschnitt schafft.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Bauteils ist die Materiallage aus einem zunächst rohrförmigen Ausgangsmaterial bzw. Halbzeug gebildet. Dadurch wird es möglich, jeglichen Kontakt des Metallschaum-Druckmediums mit der Formraumwand eines entsprechenden Formwerkzeuges zu verhindern.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in Verbindung mit der Zeichnung. Die einzige Figur zeigt eine vereinfachte Längsschnittansicht durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer darin aufgenommenen, durch ein Metallschaum-Druckmedium umgeformten Materiallage.

Das gezeigte Formwerkzeug umfaßt zumindest ein Formoberteil 1 und zumindest ein Formunterteil 2 zur Bildung eines entlang einer Werkzeug-Teilungsebene teilbaren Formraumes 3. Sowohl das Formoberteil 1 als auch das Formunterteil 2 sind mit einer Heizeinrichtung 4 versehen zum Aufheizen der den Formraum 3 begrenzenden Formraumwänden. Bei komplexen Werkstückgeometrien ist es möglich, den Formraum 3 durch ein mehrfach geteiltes Formwerkzeug zu bilden.

In dem Formraumoberteil 1 ist wenigstens ein Entgasungskanal 5 ausgebildet, über welchen eine gesteuerte Entgasung des Formraumes 3 erfolgen kann. Auch in dem Formunterteil 2 ist ein Entgasungskanal 6 ausgebildet, ebenfalls zur gesteuerten Entgasung des Formraumes 3. An den Entgasungskanal kann in vorteilhafter Weise eine Vakuum-Pumpeneinrichtung angeschlossen sein.

Im Bereich der Werkzeugteilungsebene bzw. Werkzeugschließflächen ist bei der hier dargestellten Ausführungsform eine Nachschiebeeinrichtung 7 vorgesehen, über welche ein Endabschnitt eines in den Formraum 3 eingelegten Ausgangshalbzeuges 8 gesteuert zum Zentrum des Formraumes 3 hin nachgeschoben werden kann. Die Nachschiebeeinrichtung 7 umfaßt ein Kolbenelement 9, das unter weitgehender Abdichtung des Formraumes 3 im Bereich der Werkzeugteilungsebene des Formwerkzeuges verschiebbar ist. Es ist auch möglich, einen zusätzlichen Druckaufbau in der Form durch den Einsatz flüssiger oder gasförmiger Fluide zu erreichen.

Die Nachschiebeeinrichtung 7 bzw. das Kolbenelement 9 sind ebenfalls mit einem Entgasungskanal 10 versehen, durch welchen eine im Rahmen des Metallschaumbildungsvorganges von dem Metallschaum ausgefüllte Formraumpartition gesteuert entgast werden kann.

Bei der hier schematisch dargestellten Ausführungsform

einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird das zur Umformung des Ausgangshalbzeuges 8 vorgesehene Metallschaumdruckmedium durch ein vorgeformtes, kompaktiertes Ausgangsmaterial 11 gebildet, das zunächst über das Kolbenelement 9, vorzugsweise etwa mittig zentriert, in den Formraum 3 einbringbar ist.

Bei der hier dargestellten Ausführungsform der Vorrichtung zur Umformung eines ursprünglich rohrförmigen Ausgangshalbzeuges ist auf beiden Seiten des Formwerkzeuges eine entsprechende Nachschiebeeinrichtung 7 vorgesehen, wobei jede dieser Nachschiebeeinrichtungen 7 einen vorgeformten, aus einem Metallpulver und einem Treibmittel gebildeten Preßling trägt.

Die Herstellung eines Metallschaum-Verbundwerkstückes mit der vorangehend beschriebenen Vorrichtung gestaltet sich wie folgt:

Zunächst wird das Formoberteil 1 von dem Formunterteil 2 abgenommen und das zur Bildung eines Metallschaum-Druckmediums vorgesehene, vorgeformte, kompaktierte Ausgangsmaterial 11 in Form eines (in der Figur unterbrochen dargestellten) zylindrischen Stabes (oder auch in Form mehrerer, z. B. zweier zylindrischer Stäbe) in entsprechende, in den beiden Kolbenelementen 9 zentral ausgebildete Ausnehmungen eingesetzt. Die Kolbenelemente 9 sind dabei derart weit zurückgezogen, daß diese das nunmehr folgende Einlegen eines beispielsweise aus einem Aluminium-Strangpreßprofil gebildeten Ausgangshalbzeuges 8 in das Formunterteil 2 nicht behindern.

Nunmehr werden die Kolbenelemente 9 axial derart verschoben, bis diese das Ausgangshalbzeug 8 in dem Formunterteil 2 in seiner Ausgangsposition positionieren. Anschließend wird das Formoberteil 1 auf das Formunterteil 2 unter Aufbringung einer vorgegebenen Schließkraft  $F_s$  abgesenkt. Der zur Formgebung des zu bildenden Bauteils vorgesehen Formraum 3 ist nunmehr geschlossen.

Das in dem Formraum 3 angeordnete Ausgangshalbzeug bildet nunmehr eine bei der hier dargestellten Ausführungsform ringraumförmige, von dem Ausgangsmaterial 11 durch das Ausgangshalbzeug 8 getrennte Formraumpartition und eine, zur Ausfüllung durch das Metallschaum-Druckmedium vorgesehene zweite Formraumpartition.

Durch entsprechendes Aufheizen des Ausgangsmaterials 11, beispielsweise durch Erhitzen des Formwerkzeuges mittels der Heizeinrichtung 4 wird der Metallschaumbildungsprozeß in Gang gesetzt. Hierbei wird das in dem Ausgangsmaterial 11 enthaltene Metall geschmolzen und das in der metallischen Matrix enthaltene Treibmittel freigesetzt. Der nunmehr kontinuierlich entstehende Metallschaum füllt zunächst den gesamten, in dem Ausgangshalbzeug 8 gebildeten Innenraum aus. Das Aufschäumen des Metallschaumes schreitet so weit fort, bis das Ausgangshalbzeug 8 eine weitere Metallschaum-Volumenvergrößerung zunächst behindert. Da sich im folgenden weiterhin Treibmittel zersetzt, entsteht ein allseitiger Schäumdruck auf die Wandung des Ausgangshalbzeuges 8, das sich unter diesem Schäumdruck verformt und an die, den Formraum 3 bildenden Formraumwandungen anlegt. Dieser Vorgang wird durch die beim Schäumprozeß auftretende Wärmeeinwirkung das entstehende Gas, insbesondere Treibgas, sowie ggf. auch durch Entlüften oder Anlegen von Unterdruck durch Absaugen noch begünstigt.

Der in dem Metallschaum-Druckmedium aufgebaute Druck und der durch diesen bewirkte Umformvorgang kann über die Menge des zur Schaumbildung vorgesehenen Ausgangsmaterials 11, den Treibmittelanteil, die Höhe der Temperatur, die Temperaturführung und die Abkühlbedingungen gesteuert werden. Während des Aufblähens bzw. Umformens des Ausgangshalbzeuges 8 erfolgt über die Ent-

gasungskanäle 5 und 6 eine gesteuerte Entgasung, ggf. durch Erzeugung eines Unterdruckes, in der nicht von dem Metallschaumdruckmedium erfaßten und sich in ihrem Volumen kontinuierlich verringernden Formraumpartition.

Während sich das Ausgangshalbzeug 8 in dem Formraum 3 infolge des über den Metallschaum aufgetragenen Umformdruckes aufweitet, kann ggf. über paarweise vorgesehene Kolbenelemente das Ausgangshalbzeug 8 hinsichtlich seiner axialen Länge gestaucht bzw. nachgeschoben werden, wodurch die Aufweitung des Ausgangshalbzeuges 8 bzw. die plastische Verformung des Ausgangshalbzeuges 8 insgesamt unterstützt wird. Spätestens bei Erreichen eines durch den Metallschaum aufgebauten maximalen Umformdruckes liegt die durch das Ausgangshalbzeug 8 ursprünglich gebildete Materiallage im wesentlichen ganzflächig an der Innenwandung des Formraumes 3 an. Nunmehr wird das Formwerkzeug bzw. das Formoberteil und das Formunterteil gekühlt, wobei der Metallschaum erhärtet. Nach Aushärten des Metallschaumes kann vor Öffnen des Formwerkzeuges über beispielsweise durch die Kolbenelemente 9 hindurchgeführte Entgasungskanäle das erhärtete Metallschaumdruckmedium entgast und sofern dies nicht bereits durch die Abkühlung des Metallschaumes erfolgt ist, auf Umgebungsdruck entspannt werden.

Nach Beendigung einer entsprechenden Metallschaum-Entgasungsphase wird das Formwerkzeug geöffnet, indem das Formoberteil 1 wieder von dem Formunterteil 2 abgenommen wird. Das entsprechend der Innenkontur des Formraumes 3 geformte, und innenseitig durch den Metallschaum versteifte Werkstück kann nunmehr dem Formraum 3 entnommen werden. Anschließend wird das Formwerkzeug erneut mit einem zur Metallschaumbildung vorgesehenen kompaktierten Ausgangsmaterial 11 sowie mit dem zur Bildung der eine Werkstückaußenfläche bildenden Materiallage vorgesehenen Ausgangshalbzeug 8 bestückt und ein weiterer Druckumformvorgang kann beginnen.

Das wie vorangehend beschrieben hergestellte Werkstück kann sofern erforderlich, nachbearbeitet werden.

Obgleich die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, bei welchem ein rohrförmiges Ausgangshalbzeug durch ein Metallschaum-Druckmedium umgeformt wurde, ist es auch möglich, beispielsweise plattenförmige oder ggf. bereits durch ein Tiefziehverfahren bzw. Biegen grob vorgeformte Ausgangsmateriallagen durch das Metallschaum-Druckmedium gegen eine entsprechende Formwandung zu pressen und entsprechend umzuformen. Das Metallschaum-Druckmedium kann auch zwischen wenigstens zwei aufeinandergeschichtete Materiallagen eingebracht werden zur Erzeugung eines Sandwich-Bauteiles mit durch Umformung entstehenden Formkonturen.

Alternativ zu dem vorangehend beschriebenen diskontinuierlichen Umformverfahren ist es auch möglich, das Metallschaum-Druckmedium zur kontinuierlichen Umformung insbesondere rohrförmiger Ausgangshalbzeuge zu verwenden. Es ist auch möglich, das zur Bildung des Metallschaum-Druckmediums vorgesehene Ausgangsmaterial unmittelbar an dem zur Umformung vorgesehenen Ausgangshalbzeug in Form einer entsprechenden Beschichtung mit ggf. mehreren Lagen vorzusehen, so daß unmittelbar durch das entsprechend vorbereitete Ausgangshalbzeug auch das zur Bildung des Metallschaumdruckmediums vorgesehene Ausgangsmaterial in ein entsprechendes Formwerkzeug eingebracht ist.

Das gebildete Bauteil ist dann beispielsweise ein Rohrkörper mit hoher Steifigkeit. Durch Ausbildung von Zonen unterschiedlicher Schaum-Dichte ist es möglich, ein Bauteil mit Knochenstruktur zu schaffen. Die Schaum-Dichte ist

vorzugsweise im Randbereich des Bauteils höher als in den weiter innen liegenden Bereichen. Die Schaumdichte ändert sich vorzugsweise stetig. Die Dichteverteilung des Schaumes kann insbesondere durch den Abkühlvorgang gesteuert werden.

Für den Fall, daß das schaumbildende Material in Form einer Beschichtung auf der zur Umformung vorgesehenen Materiallage vorbereitet ist, ist es möglich, diese Beschichtung ggf. aus mehreren Schichten mit unterschiedlichen Schaumeigenschaften zu bilden. Dadurch wird es möglich, insbesondere im Randbereich eine extrem tragfähige Zone hoher Schaumdichte auszubilden.

In Verbindung mit einem beispielsweise extern zugeführten vorzugsweise gasförmigen Umform-Druckmedium können auch schalenartige Bauteile oder Hohlkörper gebildet werden, die eine druck-umgeformte Materiallage und eine daran angrenzende Zone aus Metallschaum aufweisen.

Die im Rahmen des Metallschaum-Druckumformvorganges umgeformte Materiallage muß nicht notwendigerweise die Außenschicht eines entsprechenden Werkstücks bilden.

Die Haftung des Metallschaumabschnittes an der durch den Metallschaum umgeformten Materiallage kann durch entsprechende Beschichtungen der dem Metallschaum zugewandten Seitenfläche der Materiallage beeinflusst werden. Das Metallschaum-Druckmedium muß nicht unbedingt in dem Formraum gebildet werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils das eine aus einem duktilen Material gebildete, im Rahmen zumindest eines Uniformschrittes umgeformte Materiallage und einen aus einem Metallschaum gebildeten Abschnitt aufweist, wobei im Rahmen des Uniformschrittes die Materiallage durch einen über den Metallschaum als Uniform-Druckmedium aufgebrauchten Umformdruck umgeformt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage durch den im und durch den Metallschaum entstehenden Umformdruck gegen eine Formwand gedrängt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage sich zumindest abschnittsweise unter bleibender plastischer Verformung an die Formwand anlegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum im Anschluß an den Umformvorgang der Materiallage aushärtet.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum und die Materiallage im Rahmen des Umformvorganges oder des nachfolgenden Aushärtvorganges eine Verbindung eingehen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der in dem Metallschaum herrschende Druck im Anschluß an den Umformvorgang abgesenkt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zum Umformen der Materiallage diese in einen Formraum eingebracht wird, derart, daß die Materiallage in dem Formraum eine erste Formraumpartition zwischen einer Formwand und der Materiallage sowie eine zweite, von der ersten Formraumpartition getrennte Formraumpartition definiert, wobei im Rahmen des Uniformschrittes in die zweite Formraumpartition der Metallschaum als Umform-Druckmedium eingebracht wird und dieses die Materi-

allage gegen die Formwand drängt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum in dem Formraum aushärtet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Formraum nach Aushärten des Metallschaumes geöffnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Öffnen des Formraums die durch das Metallschaum-Druckmedium umgeformte Materiallage mit einem daran angeformten Metallschaumabschnitt entnommen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallschaumdruckmedium durch eine Metall-Legierung gebildet wird, die durch ein Treibmittel aufgeschäumt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibmittel aus Mitteln gebildet wird, die vor Aufschäumen der Metall-Legierung in der Metall-Legierungsmatrix enthalten sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß durch in der Metall-Legierungsmatrix vorbereitete Mittel durch Erhitzen der Metall-Matrix auf eine Temperatur oberhalb eines Schmelzpunktes der Metall-Legierung das Treibmittel entsteht bzw. wirksam wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Umformung vorgesehene Materiallage vorab erhitzt wird.

15. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Formraumpartitionen gasdicht abgeschlossen wird.

16. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Formraumpartitionen im Rahmen eines vorbereitenden Verfahrensschrittes mit einem inerten Gas gespült wird.

17. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufschäumen des Metallschaumdruckmediums solange erfolgt, bis die Materiallage ein weiteres Anwachsen des Metallschaumvolumens behindert.

18. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckaufbau in dem Metallschaum-Druckmedium über den zeitlichen Verlauf der Metallschaumbildung gesteuert wird.

19. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufschäumvorgang über die Menge des schaumbildenden Materials gesteuert wird.

20. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufschäumvorgang über eine zur Schaumbildung vorgesehene Treibmittelmenge bzw. über den Treibmittelanteil gesteuert wird.

21. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufschäumvorgang durch die Temperaturführung, insbesondere durch die Abkühlbedingungen, gesteuert wird.

22. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in dem Metallschaummedium durch ein zusätzliches Druckmedium erhöht wird.

23. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage aus einem vorzugsweise dünnen Metallblech gebildet wird, wobei das schaumbildende Material in Form einer Beschichtung der Materiallage vorbereitet ist.

24. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1

bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallschaum-Druckmedium durch eine Aluminiumlegierung gebildet wird.

25. Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils, das Metallschaum und eine durch den Metallschaum 5 Druck-umgeformte Materiallage (12) umfaßt mit: einem Formwerkzeug zur Bildung eines Formraumes (3), wobei das Formwerkzeug in eine Beschickungsstellung bringbar ist, zum Einbringen eines zur Bildung der Materiallage vorgesehenen Ausgangsmaterials 10 (8), und einer Metallschaum-Freisetzungseinrichtung zum Erzeugen oder Freisetzen eines Metallschaum-Druckmediums zum Umformen des Ausgangsmaterials (8) in dem Formraum (3).

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Formwerkzeug zumindest ein erstes Formteil und ein zumindest zweites Formteil aufweist, wobei zwischen diesen beiden Formteilen ein Werkzeug-Teilungsfläche definiert ist. 15

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Formteil ein Formoberteil (1) bildet, und daß das zweite Formteil ein Formunterteil (2) bildet, und daß beide Formteile (1, 2) mit einer Heizeinrichtung (4) versehen sind, zum Aufheizen der Formteile (1, 2). 20 25

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß eine Nachschiebe- oder Komprimierungseinrichtung (7) vorgesehen ist zum Komprimieren bzw. Nachfördern des Metallschaum-Druckmediums und/oder der Ausgangsmateriallage 30 (8).

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachschiebe- oder Komprimierungseinrichtung (7) im Bereich der Werkzeugteilungsfläche vorgesehen ist. 35

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß eine Entgasungseinrichtung (10) vorgesehen ist zur Entgasung der mit dem Metallschaum-Druckmedium erfüllten Formraumpartition. 40

31. Bauteil, bestehend aus einer aus einem duktilen Material gebildeten Materiallage und einem aus Metallschaum gebildeten Materialabschnitt, wobei die Materiallage durch einen über den Metallschaum als Umform-Druckmedium aufgetragenen Umformdruck 45 aus einer Ausgangsmateriallage druckgeformt ist.

32. Bauteil nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage aus einem Aluminium-Werkstoff besteht.

33. Bauteil nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum aus einer Aluminiumlegierung besteht. 50

34. Bauteil nach wenigstens einem der Ansprüche 31 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage und der aus dem Metallschaum gebildete Materialabschnitt haftend miteinander verbunden sind. 55

35. Bauteil nach wenigstens einem der Ansprüche 31 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage aus einem rohrförmigen oder plattenförmigen Halbzeug- bzw. Ausgangsmaterial gebildet ist. 60

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- 'Leerseite' -

